

MARTIN KNEZ, STANKA ŠEBELA,
FRANCI GABROVŠEK

Geološke osnove ter jame

Udin boršt

Urednik ANDREJ KRANJC



UNIVERSITÀ DI PADOVA, DIPARTIMENTO DI GEOGRAFIA
UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS, DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE

GEOLOŠKE OSNOVE TER JAME

GEOLOŠKE RAZMERE NA PODROČJU UDIN BORŠTA

MARTIN KNEZ

GEOLOŠKA SITUACIJA POKRAJINE

Udin Boršt leži severno od Kranja med Kokrico na jugu in Križami na severu ob levem bregu Tržiške Bistrice (slika 1). V širšem geotektonskem smislu leži na področju Notranjih Dinaridov za katerega so značilne mezozojske kamnine, nastale v globokomorskem Slovenskem bazenu, to je v osrednji Sloveniji med Kobaridom in Celjem.

Na širšem področju Udin Boršta se je terciarna sedimentacijska kadunja razvijala relativno enotno. Razprostirala se je med Kamniškimi Alpami, Škofjo Loko, Šmarno goro in Rašico. Šele med gubanjem v pliocenu so nastale tri sinklinale. Največja se razprostira od vzhoda proti zahodu na Kranjskem in Sorškem polju. Na zahodnem obrobju Sorškega polja so zastopane najstarejše oligocenske plasti, v talnini pleistocenskih sedimentov so mlajše oligocenske plasti, v bližini Tunjic se pojavljajo miocenske usedline.

Dve manjši sinklinali predstavljata Skaručenska kotlina in oligocenska sinklinala, ki se vleče od Bistrice prek Strahinja in Tenetiš proti vzhodu. Na severnem in južnem robu Skaručenske kotline zasledimo oligocenski konglomerat, osrednji del pa gradijo miocenske usedline.

NASTANEK KONGLOMERATOV

Sedimente in sedimentne kamnine delimo glede na izvor na klastične in kemične ter biokemične. Nekateri sedimenti in sedimentne kamnine so nastali pri delovanju obeh procesov, zato so zrna sedimentnih kamnih različnih oblik in sestave. Kemične in biokemične kamnine so nastale

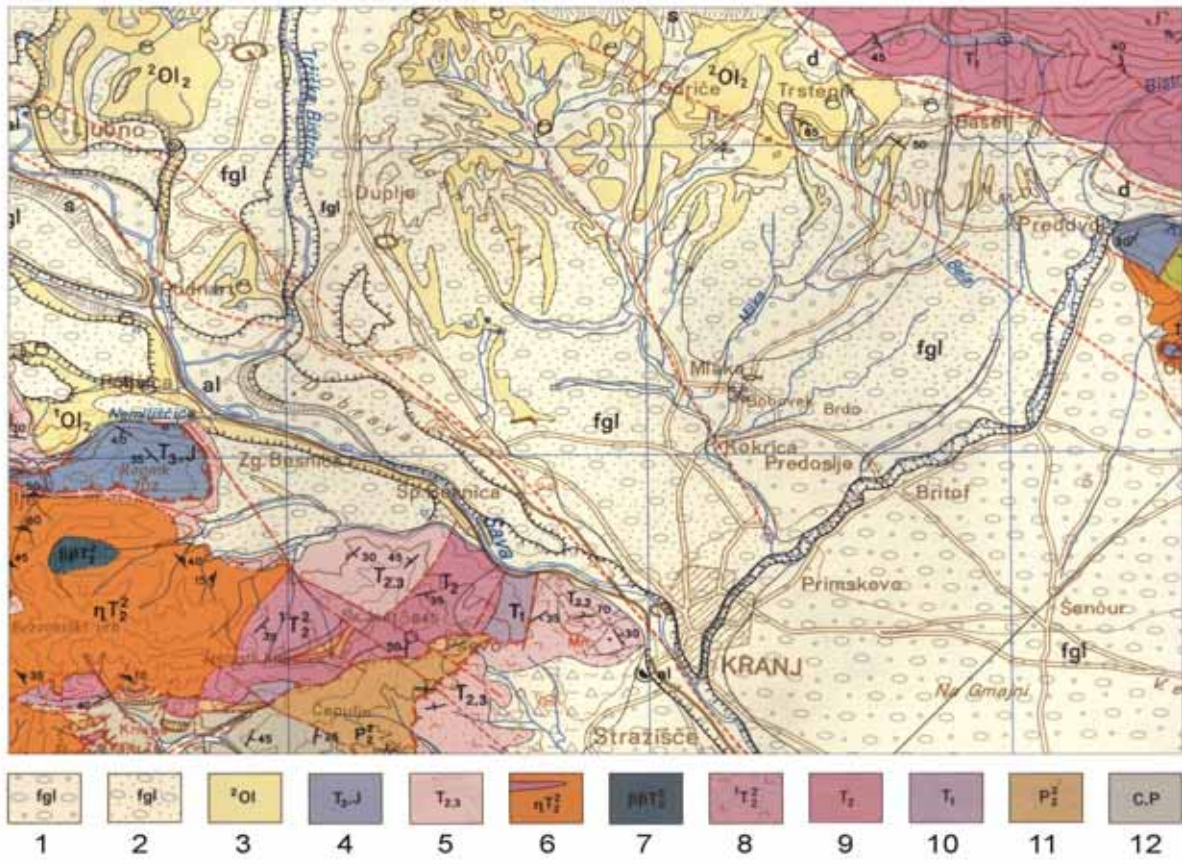
predvsem z izločanjem v vodi raztopljenih snovi s kemičnimi in biokemičnimi procesi. Najbolj razširjene kemične oz. biokemične kamnine so apnenci in dolomiti, ki pokrivajo kar 43 % površine Slovenije. Na in v njih so razvite najbolj značilne kraške oblike.

Klastični sedimenti, ki so (še) nevezan material in klastične sedimentne kamnine, katerih delci so se zaradi različnih diagenetskih procesov sprijeli, pa so nastale z usedanjem različno velikih delcev, v različnih sedimentacijskih okoljih. Delci, ki gradijo sedimente in sedimentne kamnine, so rezultat več vrst preperevanja (mehanskega, kemičnega, biogeneza). Delimo jih v skupine glede na velikost delcev. Med nevezane sodijo ostrorobi grušč in zaobljen prod, drobnejše oblike so pesek, melj in glina. Odgovarjajoče vezane oblike omenjenih sedimentov pa so breča, konglomerat (slika 2), peščenjak, meljevec in glinavec.

Konglomerat je kamnina (sprijet sediment) iz zaobljenih kosov kamnine, od katerih je več kot 50 % večjih od 2 milimetra. Večji in manjši prodniki so med seboj navadno povezani s karbonatnim, kremenčevim, glinenim ali drugimi vezivi. Konglomerati so lahko sestavljeni iz najrazličnejše kombinacije tako delcev kot kamnin.

KAMNINE IN SEDIMENTI UDIN BORŠTA

Udin boršt gradijo pretežno apnenčasti konglomerati (slika 3), kar pomeni, da jih gradijo zaobljeni kosi (prodniki) predvsem apnenčaste kamnine (slika 4), ki so povezani skoraj v celoti s kalcitnim vezivom (GANTAR, 1955; ŽLEBNIK, 1971; ŠTER, 1995-1996). Prodinki so večinoma rumenosive, sive, okraسته in rdeče barve. Omeniti moramo, da manjši del prodnikov (okrog 10 %) in delno tudi vezivo predstavljajo druge nekarbonatne kamnine in sestavine. To so večinoma prodniki kremenov in različnih peščenjakov, ki naj bi jih nanese Tržiška



Slika 1: Geološka situacija področja Udin Boršta. (GRAD & FERJANČIČ, 1974) - Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Kranj. Legenda: 1.-prod, pesek-prodni zasip, 2.-konglomerat, slabo sprijet prod, glina-konglomeratni zasipi, 3.-peščena in lapornata glina, lapor, peščenjak, 4.-debeloskladovit apnenec, dolomitiziran apnenec, ponekod dolomit, 5.-siv in rumenkast pretežno ploščast apnenec z rožencem, 6.-keratofir, porfir, porfirit in njihovi piroklastiti, 7.-diabazi, spiliti, bazični porfirit, piroklastiti, apnenec, 9.-neplastovit dolomit, 10.-laporni apnenec, dolomit, peščen skrilavec, oolitni apnenec, 11.- grödenski skladi-rdeč peščenjak, prehodi v skrilavec in peščenjak, 12.-glinast skrilavec, peščenjak in konglomerat.

Geological setting of the Udin Boršt area (GRAD & FERJANČIČ, 1974) – Basic Geological Map SFRJ 1:100000, sheet Kranj. Legend: 1. gravel, sand-gravel bar, 2. conglomerate, semi consolidated gravel, clay-conglomerate bars, 3. sandy and marl clay, marl, sandstone, 4. thick-bedded limestone, dolomitized limestone, in some places dolomite, 5. grey and yellowish mostly tabular limestone with cherts, 6. keratophyre, porphyry, porphyrite and their pyroclastites, 7. diabase, spilite, basic porphyrite, pyroclastite 8. pyroclastite, limestone, 9. non-bedded dolomite, 10.- marl limestone, dolomite, sandy shale, oolitic limestone, 11.- Gröden beds – red sandstone, transition to shale and sandstone, 12.- clayey shale, sandstone and conglomerate.



Slika 2: Konglomerat na vhodu Arneševe luknje. Vodoravna razdalja slike je 25 cm (Foto: M. Knez).
Conglomerate at the entrance to the cave Arneševa Luknja. Horizontal picture distance is 25 cm (Photo by M.Knez).



Slika 3: Starejši konglomeratni zasip na južnem robu Udin Boršta (Foto: M. Knez).

An older conglomerate bar at the southern border of Udin Boršt. (Photo by M.Knez).



Slika 4: Večina prodnikov v konglomeratnih plasteh je karbonatnih (Foto: M. Knez).

Major part of pebbles in conglomerate layers is carbonate (Photo by M.Knez).



Slika 5: Ponekod v konglomeratu zasledimo temno rdeče prodnike grödenskega peščenjaka in trbiške breče (Foto: M. Knez).

In some places dark red pebbles of Gröden sandstone and Trbiž breccia are spotted in the conglomerate (Photo by M.Knez).



Slika 6: Podlaga konglomeratnih zasipov je siva lapornata glina (sivica) (Foto: M. Knez).

The base of conglomerate bars is grey clay (sivica) (Photo by M.Knez).

Bistrica. STER (1995-1996) navaja, da kremenovi prodniki verjetno izvirajo iz področji permijskega kremenovega konglomerata. Iz bližnjega savskega zasipa ŽLEBNIK (1971) omenja porfirske prodnike premera celo do enega metra! ŠIFRER (1969) navaja tudi prodnike iz dolomita, kremenovega peščenjaka in kisljih eruptivnih kamnin. Pogosto najdemo tudi prodnike trbiške breče in druge (slika 5). Med konglomeratnimi plastmi zasledimo tudi glinaste plasti. V njih so bila odkrita pelodna zrna bora in smreke ter nič terciarnih pelodov, kar tudi kaže na pleistocensko starost.

Skoraj ravna podlaga konglomeratnega zasipa Udin Boršta je iz srednjeoligocenske lapornate gline, ki mestoma doseže več 100 m debeline. Lapornata glina (slika 6) je sive barve (od tod ime "sivica"), včasih je

rahlo zelenkasta. Navadno je zelo drobnorzna in skoraj brez peščenih delcev. Ponekod vsebuje tudi fragmente sljude. Lapornata glina ni plastovita. Izjema so predeli kjer prehaja v peščenjak ali kjer so vmes vložki peščenjaka in drobnorzatega konglomerata. V lapornatih glinah najdemo drobne gomolje alg litotamnij, zoglenele nedoločljive rastlinske ostanke, slabo ohranjeno makrofavno (drobne školjke, morske ježke) in bogato združbo foraminifer, ki kažejo srednjeoligocensko starost (GRAD & FERJANČIČ, 1976).

V ožji in širši okolici se zrnatost srednjeoligocenskih plasti spreminja. Med drugim zasledimo drobnorzne rdečkaste peščene gline z dokaj pogostimi rastlinskimi ostanki (predvsem odtisi listov), plasti in leče peščenjakov vloženi v drobne



Slika 7: Preperina na površini je rezultat kraške preperevanja (Foto: M. Knez).
The sediment on the surface is due to karst weathering (Photo by M. Knez).



Slika 8: Marsikje so konglomerati močno zakraseli (Foto: M. Knez).
At several places the conglomerates are very karstified (Photo by M. Knez).



Slika 9: Vadozno pretakanje pogosto ni vezano na razpoke v konglomeratu (Foto: M. Knez).
Frequently the vadose drainage is not related to fissures in a conglomerate (Photo by M. Knez).



Slika 10: V konglomeratu so ponekod lepo izoblikovane vadozne sledi pretakanja vode (Foto: M. Knez).
At some places in the conglomerate the vadose traces of water flow are well seen (Photo by M. Knez).

konglomerate, lapornate in peščene glinje z odlomki fosilov med katerimi ni makrofosilov, foraminiferna favna pa kaže na litoralno facijo sedimentov. Pogosto se glinasti peščenjaki menjavajo s konglomerati, brečami in lapornatimi glinami.

Konglomerati so na površini terase vidni le tu in tam, najbolj vzdolž strmih robov terase ter na pobočjih dolin vrezanih v njo. Med največjimi in najbolj znanimi je dolina Želinjskega potoka. Terasa je namreč v celoti prekrita s preperino, ki je nastala s preperevanjem konglomeratne podlage. Največja debelina preperinskega pokrova je 6 m.

Površinski pokrov preperine (slika 7) pa ni edini znak preperevanja konglomeratov. Kemična sestava

prodnikov in veziva je omogočila močno zakraselost (slike 8, 9, 10, 11) terase Udin Boršt. Konglomeratni kras pokriva na Gorenjskem okrog 3% kraške površine. Ker je raziskovani kras obdan z nekraškimi svetom ga lahko imenujemo tudi osameli kras (HABIČ, 1981), ŽLEBNIK (1978) ga imenuje plitvi kras, ŠTER (1994-1995) pa plitvi kvartarni konglomeratni kras. Na površini zasledimo številne vrtače, brezna, spodmole, zatrepne in suhe doline. Zaradi znatne debeline konglomerata vrtače na Udin borštu še niso izgubile svojih tipičnih potez (ŠIFRER, 1969). Navzgor ob toku Tržiške Bistrice pa so vrtače že močno deformirane (plitve s položnimi pobočji in podolgovate). Kraške jame, izviri in ponori pa so značilni za litološki stik konglomerata in lapornate glinje (sivice).



Slika 11: Vlknati kalcitni cement je na prodnike odložila vadozno pretakajoča in z kalcijevim karbonatom bogato nasičena voda (Foto: M. Knez).

Fibre calcite cement is deposited to pebbles by water, richly saturated by calcium carbonate flowing in the vadose zone (Photo by M.Knez).



Slika 12: Plast konglomerata iz drobnih prodnikov premera večinoma do nekaj cm (Foto: M. Knez).

A conglomerate layer consisting of tiny pebbles up to some cm in diameter (Photo by M.Knez).

PRODNI ZASIPI IN KONGLOMERATI NA PODROČJU UDIN BORŠTA

Na ožjem področju ježe Udin Boršta so po podatkih vrtanja in geološkega kartiranja štirje rečni zasipi (ŽLEBNIK, 1978). Med fazami akumulacije so reke zarezovalle struge v lastne starejše zasipe in ponekod celo v terciarno podlago.

Sestava konglomeratnih plasti in terasasto površje njihove terciarne podlage kaže, da gre za samostojne zasipe in ne le za erozijske terase v enotnem konglomeratnem zasipu. Terciarna podlaga izdaja na več mestih ob vznožju teras. Reke so se v obdobjih erozije tako globoko vrezale v terciarno podlago zasipov, da nanašanje sedimentov, ki je sledilo eroziji ni več doseglo nivojev terciarne talnine starejših zasipov. ŽLEBNIK (1978) poleg najstarejšega zasipa loči še starejšega, srednjega in mlajši konglomeratni zasip.

Najlepši presek starejšega konglomeratnega zasipa zasledimo v bližnji nakelski Dobravi na strmo odsekanem severozahodnem robu. Jasno je videti, da v spodnjem delu prevladuje izredno debel konglomerat (prodniki celo do enega metra), višje pa je prod nekoliko drobnejši (slika 12), vendar še vedno debelejši od recentnega savskega proda. Veliki prodniki kažejo kratko transportno pot oz. večji strmec in s tem večjo energijo vode (slika 13). Starejši prodni zasip Udin Boršta je na južni strani debel le okrog 10 m,



Slika 13: Plast konglomerata iz debelejših prodnikov premera večinoma do 10 cm. Številni med njimi niso karbonatnega izvora (Foto: M. Knez).

A conglomerate layer consisting of larger cobbles up to 10 cm in diameter. Many among them are not carbonate (Photo by M.Knez).

proti zahodu debelina konglomeratov narašča in doseže 50 m. To potrjuje, da je zasip najverjetneje star vršaj Tržiške Bistrice in Rupovščice.

Površje starejšega konglomeratnega zasipa je severno od Strahinja zelo strmo, južno pa skoraj vodoravno. Površje so potoki močno razrezali, njihove grape so večinoma v terciarni sivici. Površje zasipa je nagnjeno od 10 do 40 promilov. Tako velik naklon površja naj bi bil rezultat tektonskega delovanja (ŽLEBNIK, 1978). Terciarna podlaga se je po odložitvi starejšega konglomeratnega zasipa nagnila proti jugu (slika 14).



Slika 14: Zaradi tektonskega delovanja se je terciarna podlaga po odložitvi starejšega konglomeratnega zasipa nagnila proti jugu (Foto: M. Knez).

Due to tectonic activity the Tertiary base inclined southwards after the older conglomerate bar had been deposited (Photo by M.Knez).

Zaobljeni kosi in bloki starejšega konglomerata v srednjem konglomeratnem zasipu dokazujejo, da je srednji konglomeratni zasip samostojna tvorba in ne le erozijska terasa v t.i. starejšem zasipu. Starejši prodni zasip je bil pred odložitvijo srednjega konglomeratnega zasipa sprijet. Zasip se je torej cementiral v dobi erozije, saj so bile takrat za to ugodne razmere. Sprijemanje proda je veliko intenzivnejše pri višjih temperaturah. Zato raziskovalci (ŽLEBNIK, 1978) sklepajo, da je erozija delovala v toplih medledenih dobah. V glacialih cementacija ni bila možna zaradi nizkih temperatur in relativno kratke dobe.

Mlajši konglomeratni zasip debeline okrog 40 m sledimo na zahodnem robu Udin Boršta. Povsod je prekrit s plastjo rjave peščene gline s preperelimi prodniki. Mlajši zasip je od starejših manj zakrasel in manj sprijet (slika 15). Vrtač na površini skoraj ni.

Številne študije Kranjsko-sorškega polja so pokazale, da se je srednjem pleistocenu upogibala terciarna sinklinala, skupaj z njo pa tudi najmlajše pleistocenske plasti (GRAD & FERJANČIČ, 1976; ŽLEBNIK, 1971). Celotno ozemlje se je poleg gubanja tudi upogibalo. Dviganje je bilo večkrat prekinjeno ali je izostalo za krajše obdobje. Pleistocenske reke so ozemlje, po katerem so tekle, vrezovale v obdobjih dviganja terena, in obilno nasipale v obdobjih mirovanja ozemlja. Zaradi upogibanja sinklinalnega prostora, so se odloženi starejši konglomeratni zasipi, glede na obrobje, v času mirovanja ob robovih sinklinala



Slika 15. Različno zlepljene konglomeratne plasti iz jugozahodnega predela Udin Boršta (Foto: M. Knez).
Differently cemented conglomerate layers at the southwestern part of Udin Boršt (Photo by M.Knez).

relativno pogreznili. Značilno je, da so med akumulacijo materiala starejše konglomeratne zasipe v celiti prekrili mlajši prodni zasipi.

Konglomeratni zasipi so nastali v medledenih dobah. Ledeniške reke so zaradi taljenja ledu odnašale material iz čelnih moren in ga odlagale vzdolž vsega toka. Od strmca reke in od količine vode v njej je bila odvisna dolžina transporta in debelina prenesenega materiala. Vsak starejši zasip je bil sprijet v konglomerat pred akumulacijo mlajšega zasipa.

Podrobne raziskave sestave konglomeratnih zasipov in površja njihove terciarne podlage so pokazale (ŽLEBNIK, 1978), da gre za samostojne zasipe in ne za erozijske terase v enotnem konglomeratnem zasipu. V mlajših konglomeratnih zasipih so zaobljeni kosi in bloki konglomerata starejših zasipov (slika 16). V površju terciarne podlage pod ježami teras izrazit skok potrjuje, da so reke med akumulacijo posameznih konglomeratnih zasipov močno erodirale in se skozi lastne zasipe zarezale še globoko v terciarno podlago. V ježah nekaterih konglomeratnih teras so v spodnjem delu razgaljene terciarne plasti, kar kaže, da zasipanje, ki je sledilo eroziji, ni več doseglo nivoja terciarne talnine starejšega zasipa.

Stratigrafska uvrstitev zasipov je zaradi pomanjkanja fosilnih ostankov nezanesljiva (GRAD & FERJANČIČ, 1976). Mlajši zasip je najverjetneje mlajšepleistocenski, saj so v njem našli pelod, ki dokazuje zadnji interglacial.



Slika 16. V mlajših konglomeratnih plasteh so kosi starejših konglomeratov (Foto: M. Knez).

Younger conglomerate layers include pieces of older conglomerates (Photo by M.Knez).

Slovarček:

Konglomerat je kamnina (sprijet sediment) iz zaobljenih kosov kamnine ali drugih fragmentov, od katerih je več kot 50% večjih od 2 milimetra. Večji in manjši prodniki so med seboj navadno povezani s karbonatnim, kremenčevim, glinenim in drugimi vezivi.

TEKTONSKI POLOŽAJ UDIN BORŠTA

STANKA ŠEBELA

TEKTONSKO DOGAJANJE V PRETEKLOSTI

V tektonskem smislu štejemo konglomeratno teraso Udin boršt v tektonsko enoto Ljubljanske kotline in Ljubljanskega barja (GRAD & FERJANČIČ, 1976). Zametek Ljubljanske kotline spada v čas pred odložitvijo srednje oligocenskih plasti. Po PLACERJU (1999a) je Udin boršt del Dinaridov in sicer nariva Južnih Alp na Zunanje Dinaride.

Na širšem terenu okrog Udin boršta pomembnejša alpska orogenetska premikanja uvrščamo v čas med zgornjo kredo in oligocenom ter v postsarmat (miocen). Epirogenetska premikanja so bila v srednjem triasu, terciarju in celo v holocenu. Na recentno aktivne prelome sklepamo tudi po potresih, ki so značilni za območje Ljubljanske kotline.

V zgornji kredi in spodnjem terciarju je bilo ozemlje nagubano. Pred srednjim oligocenom je

nastala luskasta in pokrovna zgradba. V spodnjem oligocenu se je ozemlje razlomilo v številne grude. Nastane Ljubljanska kotlina, ki jo je v srednjem oligocenu zalilo panonsko morje. Gubanja in narivanja so ugotovljena na severnem robu Ljubljanske kotline pri Kamniku še po odložitvi sarmatskih plasti. Celotno ozemlje je bilo več ali manj razkosano s prelomi v terciarju. Po Pirenejski fazi, ki je bila verjetno najmočnejša, je bilo ozemlje pred odložitvijo srednjega oligocena grudasto razkosano. Prelomi imajo v glavnem smer SZ-JV. Prelomi pravokotni na to smer so redkejši. Razen vertikalnih so ponekod ugotovljena tudi horizontalna premikanja ob prelomih. Tektonska aktivnost se nadaljuje celo v pliocenu in kvartarju (GRAD & FERJANČIČ, 1976).

Razumevanje tektonske zgradbe Udin boršta je pomembno tudi za razumevanje razvoja krasa. Kraški pojavi, kot jame in vrtače se namreč oblikujejo tudi glede na razpoke, prelome in druge tektonske strukture.

PRELOMI

Severno od konglomeratne terase Udin boršt je v regionalnem smislu najvažnejši Periadriatski lineament, ki na sliki 1 poteka severno od Savskega preloma, to je že izven slike 1. Po PLACERJU (1999a) le-ta loči Vzhodne Alpe od Dinaridov. Periadriatski lineament (PAL) je zgrajen iz širše prelomne cone in vsebuje pet prelomov in štiri ožje kamninske pasove med njimi (FODOR *et al.*, 1998). Savski prelom, ki poteka v smeri SZ-JV, tvori severovzhodno mejo Ljubljanske kotline. Proti JV prehaja v Tuhinjsko-Motniško sinklinalo, ki je del Posavskih gub. Med Periadriatskim lineamentom in Savskim prelomom opazujemo komplicirano rotacijo kamninskih blokov (FODOR *et al.*, 1998). Savski prelom je že dolgo znan in večkrat omenjen v literaturi. Opazujemo ga na južnem vznožju Kamniških Alp, kjer jih deloma loči od terciarnih plasti Ljubljanske kotline. Prelom je nagnjen proti severu srednje strmo. Morda ima ta prelom ponekod značaj nariva, ob katerem so se Kamniške Alpe narinile proti jugu (GRAD & FERJANČIČ, 1976).

Po PLACERJU (1996) je vzhodni podaljšek Savskega preloma Celjski prelom. Savski prelom je nastal kot desnozmični prelom, nato se je zaradi spremembe globalne geometrije spremenilo

napetostno stanje. Kamniško-Savinjske Alpe iz karbonatnih kamnin so se narinile na SV rob Radovljiške in Ljubljanske kotline ter na zahodni del Vzhodnih Posavskih gub. Omenjeno narivanje ni enotno, vendar narivne grude skoraj povsod prekrivajo glavno prelomno ploskev Savskega preloma. Tam, kjer je ta vidna, npr. na južnem robu Celjske kotline, pa je presekana z zmičnimi prelomi, kar tudi kaže na spremembo napetostnega stanja. Desni zmik ob Savskem prelomu se je moral zgoditi po oligocenski dobi, morda celo po miocenski, narivanje ob njem pa je povezano z neotektonsko aktivnostjo. Premik ob Savskem prelomu znaša med 65-70 km. Savski prelom je najjužnejši od spremljajočih prelomov Periadriatskega lineamenta (PLACER, 1996). Na podlagi korelacije premika med oligocenskimi in triasnimi kamninami zagovarjajo FODOR *et al.* (1998), da je desni zmik ob Savskem prelomu 30-40 km. Ob Savskem prelomu naj bi se vršila rotacija v smeri urnih kazalcev.

V zahodni Sloveniji opazujemo jasen (nekaj mm/leto) desni zmik, glede na GPS meritve vzdolž Savskega preloma, kar kaže na to, da je bočno podiranje v SV Alpah še aktivno, saj ga povzroča rotacija Jadranske plošče v nasprotni smeri urnega kazalca (WEBER *et al.*, 2004).

GPS točke vzdolž Savskega preloma kažejo na desni zmik okoli 1.5 mm/leto (VRABEC *et al.*, 2005). Savski prelom se nadaljuje tudi proti zahodu v Italijo, kjer ga imenujejo Fella-Sava prelom (BRESSAN *et al.*, 1998).

Kranjski prelom je domneven prelom, ki naj bi potekal iz Dolenjske kot kot nadaljevanje Žužemberskega preloma. Prelom poteka mimo Šmarne gore in Rašice preko Kranja, v glavnem po dolini Save (GRAD & FERJANČIČ, 1976). Cerkljanski prelom poteka od Golnika preko Cerkelj. Ob njem je pogreznjena Ljubljanska kotlina (GRAD & FERJANČIČ, 1976).

POLJAK (2000) na strukturno-tektonski karti Slovenije povezuje Cerkljanski prelom s Stiškim prelomom (PLACER 1999b, BUSER 1976) in Kranjski prelom z Žužemberškim. Vendar pa se položaj Cerkljanskega preloma na osnovni geološki karti list Kranj (GRAD & FERJANČIČ, 1974) razlikuje od položaja Cerkljanskega preloma, kot ga je določil POLJAK (2000).

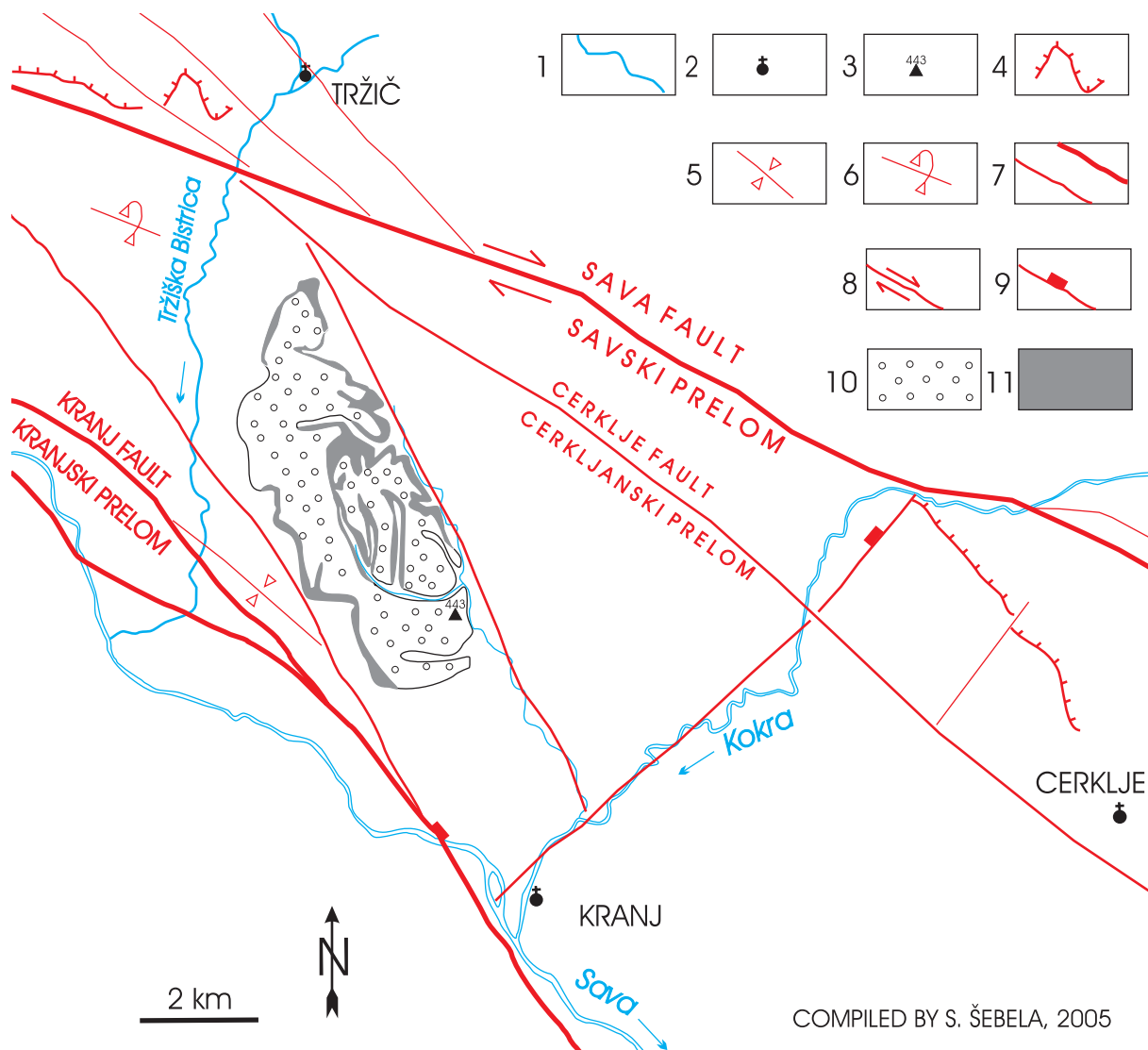
POLJAKOVA (2000) interpretacija je za okrog 500-1000 m južnejša. Na sliki 1 smo prikazali potek Cerkljanskega preloma skladno s podatki Osnovne geološke karte list Kranj (GRAD & FERJANČIČ, 1974).

PLACER (1999a) na svoji karti SZ od Kamnika od Savskega preloma, ki se nadaljuje proti vzhodu v Celjskega, odcepi Stiški prelom (vzhodno od Ljubljane), ki po njegovem ni povezan s Cerkljanskim, kot to zagovarja POLJAK (2000).

Po ŽLEBNIKU (1971) se je Terciarna podlaga po odložitvi starejšega konglomeratnega zasipa nagnila proti jugu, torej proti Strahinju. Iz naklonov terciarnih plasti severno od Strahinja ter zahodno od Dolenje vasi je mogoče sklepati, da imajo terciarni skladi na tem območju obliko sinklinale katere jedro poteka v smeri SZ-JV preko Britofa, Žej in Naklega. Sinklinala, ki je nastala v terciarju se je torej upogibala še po odložitvi starejšega konglomeratnega zasipa, morda pa tudi med njegovim odlaganjem.

Na področju Udin boršta je GANTAR že leta 1955 opisal mnogo vrtač in uval, kot tudi jam, brezen in zijalk. GANTAR (1955) ni zasledil prelomov in pretrtih plasti. Izmed jam je najbolj poznana Arneševa luknja. Jama je razvita v konglomeratu, ki je v glavnem sestavljen iz apnenca in kremenca, manj pa so v njem zastopani peščenjaki. Peščene glinice se pojavljajo v jami v lečah. Tla jame so deloma zasigana, deloma pokrita z ilovico. Vhod v Arneševu luknjo je razvit v antiklinalno vpognjenih plasteh konglomerata, ki je v strugi potoka pod jamo v kontaktu s spodaj ležečo oligocensko sivico.

Nekateri avtorji (ŠTER, 1994-1995, ŽLEBNIK, 1971; ŽLEBNIK, 1994) zagovarjajo (srednji in starejši) Pleistocenski nastanek konglomeratnih teras. Omenjajo tudi morebitni vpliv tektonike zaradi nagnjenosti površja Udin boršta od severa proti jugu in tudi od zahoda proti vzhodu. Po ŽLEBNIKU (1971) je nenormalno velik strmec površja (površje zasipa severno od Strahinja je nagnjeno za 40 % proti jugu) Udin boršta lahko povzročilo le tektonsko delovanje. Strmec je torej mnogo večji kot je normalno za rečni vršaj. V würmskem zasipu Save med Radovljico in Ljubljano ni opaznih neotektonskih deformacij. Vsi starejši zasipi pa kažejo, da se je Ljubljanska kotlina v kvartarju



Slika 17: Tektonski položaj Udin boršta. Po podatkih GRAD & FERJANČIČ (1974 in 1976), POLJAK (2000) in ŽLEBNIK (1971). 1-reka, 2-kraj, 3-Tenetiški vrh (443 m), 4-nariv, 5-sinklinala, 6-prevrnjena antiklinala, 7-prelom, 8-horizontalni desni zmik ob prelomu, 9-vertikalni premik ob prelomu, 10-starejši konglomeratni zasip Udin boršta (spodnji pleistocen), 11-oligocenska sivica.

Tectonic location of Udin Boršt. According to GRAD & FERJANČIČ (1974 and 1976), POLJAK (2000) and ŽLEBNIK (1971). 1-river, 2-place, 3-Tenetiški Vrh (443 m), 4-overthrust, 5-syncline, 6-overturned anticline, 7-fault, 8-horizontal right wrench along the fault, 9-vertical displacement at fault, 10-older conglomerate bar of Udin Boršt (the Lower Pleistocene), 11-Oligocene grey marl.

stalno deformirala (KUŠČER, 1990). Po ŽLEBNIKU (1978) gre za oblikovanje krasa na konglomeratnih terasah v mindelsko-riški medledeni dobi ali starost krasa 200.000 do 300.000 let.

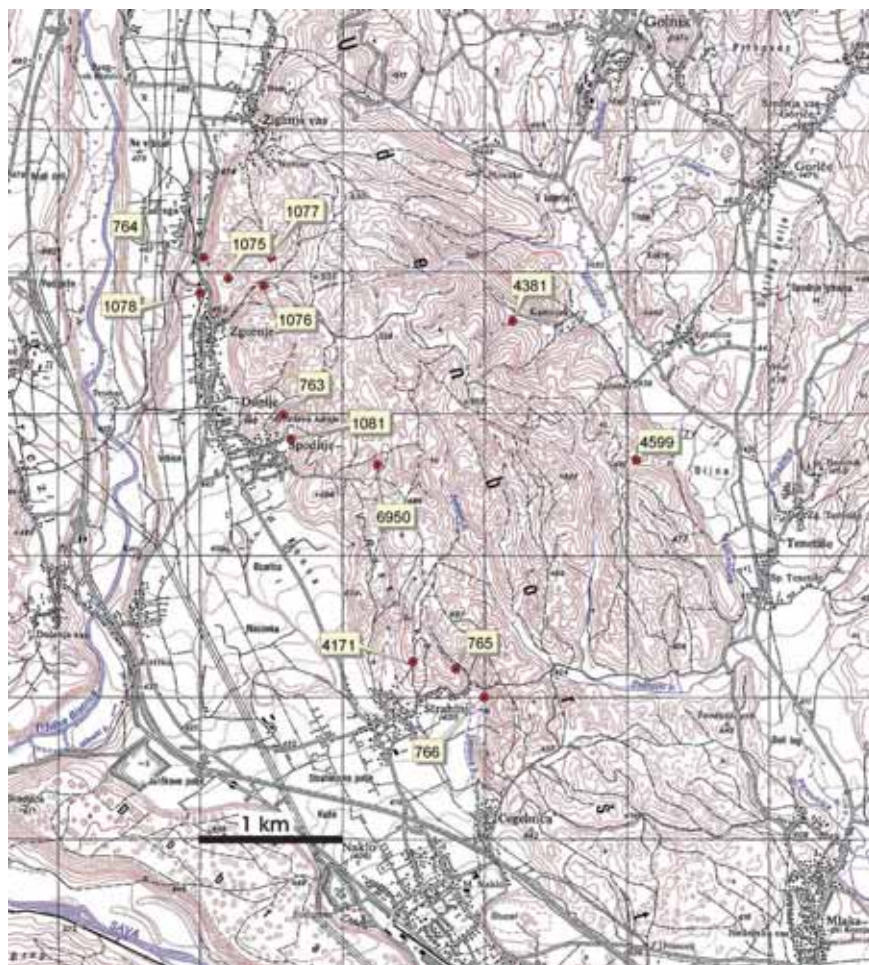
Slovarček:

Antiklinala predstavlja deformirane plasti, ki so oblikovane v izbočeno gubo. Gube so plastične deformacije kamnin. Počasno in dolgotrajno stiskanje ozemlja, povzroči gubanje prej vodoravnih plasti.

Desnozmčni prelom je prelom, kjer se je severni blok, glede na južnega, premaknil horizontalno proti jugu.

Epirogenetska premikanja so dolgotrajni vertikalni premiki zemeljske skorje, ki ne povzročajo sprememb v odnosih med ploščami litosfere. Najbolj izrazita so v obalnih področjih.

GPS je navigacijski sistem katerega osnova je mreža satelitov ki pošiljajo radijske signale. GPS sprejemnik lahko izračuna kje se nahaja na podlagi dveh ključnih podatkov in sicer poznati mora razdalje do vseh satelitov (vsaj 4) in pa



Slika 18: Topografska karta Udin boršta z vrisanimi položaji registriranih jam. Številke predstavljajo katastrske številke jam, kot jih navaja Tabela 1. *Topographic map of Udin Boršt with locations of registered caves. Numbers represent the cadastral numbers as cited in Table 1.*

natančen položaj teh satelitov v vesolju. Natančnost določitve položaja je nekje okrog 10 m, vendar lahko le - to izboljšamo do 1 m ali celo do 1 cm z uporabo kombinacij različnih tehnik, sprejemnikov in programske opreme. Lastnik sistema je United States Department of Defense (DoD). Kljub temu, da ga je razvila vojska, ga lahko uporablja kdorkoli. Približno 80% uporabnikov GPS - a je danes civilistov.

Jadranska plošča je manjša tektonska plošča, ki je stisnjena med večjo Afriško zemeljsko ploščo na jugu in Evrazijsko ploščo na severu. Jadranska plošča še danes drsi pod Evroazijsko in se vrti v nasprotni smeri urinega kazalca, kar povzroča različna tektonska premikanja. Južna in zahodna Slovenija ležita na severnem delu Jadranske plošče, ki je zelo deformirana in narinjena na osrednji, manj deformiran del plošče.

Lineament je pomembnejši prelom oziroma prelomna cona, ki jo lahko sledimo na daljši razdalji.

Nariv je položen prelom, ki nastaja zaradi močnih pritiskov pri nastajanju gorovij. Veliki

bloki kamnin so lahko narinjeni tudi več sto kilometrov daleč. Navadno so starejše kamnine narinjene na mlajše.

Neotektonska aktivnost je tektonska aktivnost v zemeljski skorji iz obdobja zgornjega kenozoika, to je od neogena do danes.

Orogenetska premikanja predstavljajo zelo močne, dokaj hitre premike, ki povzročajo spremembe medsebojnih odnosov litosferskih plošč. Mednje štejemo gubanja, prelamljanja in narivanja kamninskih gmot, ki jih povzročajo tektonski premiki. Nastajajo gorske verige in depresije.

Prelom nastane pri stiskanju ali pri raztezanju kamninskih skladov. Prelomi so razpoke večjega obsega, vzdolž katerih se oba kamninska bloka premikata eden mimo drugega. Dolgi so lahko tudi več sto ali tisoč kilometrov.

Rotacija kamninskih blokov je premikanje v polkrogu ob večjih prelomih. Rotacija je lahko v smeri urinega kazalca ali v obratni smeri urinega kazalca.

Sinklinala predstavlja deformirane plasti, ki so oblikovane v vzbočeno gubo.

Ime in katastrska številka	Dolžina (m)	Globina (m)
Arneševa luknja (763)	815	13
Dacarjevo brezno (1075)	307	19
Dopulnek (764)	306	6
Velika Lebinca (765)	> 500	13
Arhova jama (1078)	25	3
Kadunčev studenec (4171)	20	6
Arneševa zijalka (1081)	19	4
Jama v Arhovem partu (1077)	13	5
Kačja jama nad Spodnjimi Dupljami (6950)	13	6
Arhova zijalka (4381)	10	1
Mala Lebinca (766)	6	1
Brezno v Kvikšovem partu (1076)	3	3
Pekel v Klemenčevem gradišču (4599)		

Tabela 1: Jame v Udin borštu, njihova dolžina in globina.

Caves in Udin Boršt, their length and depth.

Tektonska aktivnost preloma predstavlja dogajanja, ki vključujejo napetosti v zemeljski skorji, ki so povzročila ali še povzročajo premike ob prelomu.

Tektonska enota predstavlja območje, ki ima skupne tektonske značilnosti.

Vršaj je odložena naplavina zemlje, peska, grušča in posameznih velikih skal na mestu, kjer gorski vodotok preide v dolino ali kjer se hitrost gorskega vodotoka dovolj zmanjša, da se naberejo take naplavine. Ločimo naplavinski in hudourniški vršaj.

Zmični prelom je prelom, kjer eno krilo drsi mimo drugega v vodoravni smeri.

JAME V UDIN BORŠTU

FRANCI GABROVŠEK

Voda, ki teče skozi vodotopne kamnine, del te kamnine odnese v raztopljeni obliki. Posledica raztapljanja kamnin so številne površinske kraške oblike in kraške jame. Pri raztapljanju gre za množico reakcij in procesov, ki jih pogojujejo okoliščine zakrasedanja. Največ jam na svetu je v apnencih, manj v dolomitu, sadri, anhidritu in soli. Pri nas poznamo kras izključno v karbonatnih kamninah, apnencu, dolomitu in klastitih, ki jih ta dva sestavljata. V tem primeru je glavno topilo voda, obogatena z ogljikovim dioksidom iz atmosfere in prsti. V konglomeratih pride do

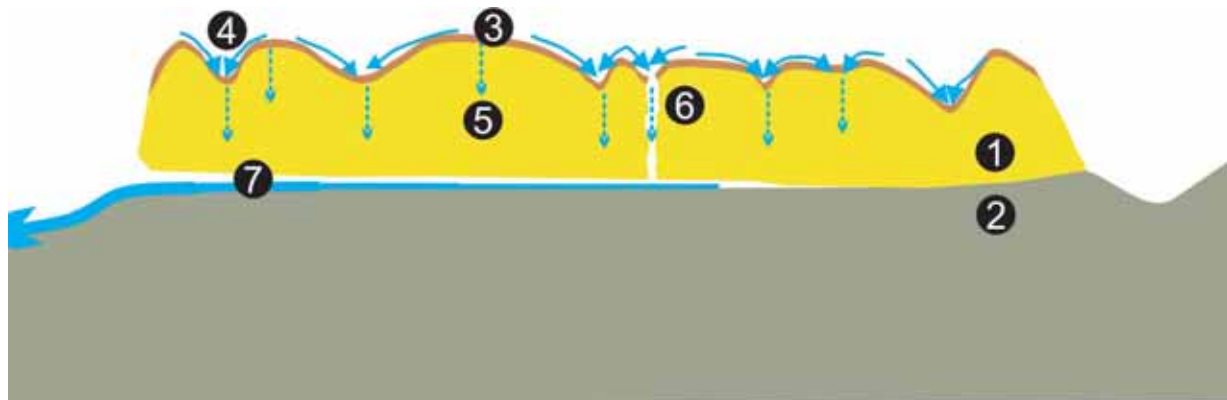
razvoja jam, če je v njih dovolj velik delež karbonatnih prodnikov. To vsekakor velja za konglomerat Udin boršta, kjer je karbonatnega deleža v vezivu in delcih približno 90%.

V Sloveniji poznamo v konglomeratih vsega nekaj deset jam. Najdaljša taka jama je Marijino brezno pri Škofji Loki. Največ pa jih je prav v terasi Udin boršta, kjer jih kataster slovenskih jam beleži 14. Štiri so daljše od 200 m. Položaj jam v Udin borštu prikazuje slika 18, kjer so položaji vhodov vrisani na topografsko podlago. Vpisane so katastrske številke jam, ki so poleg imen vpisane tudi v tabeli 1.

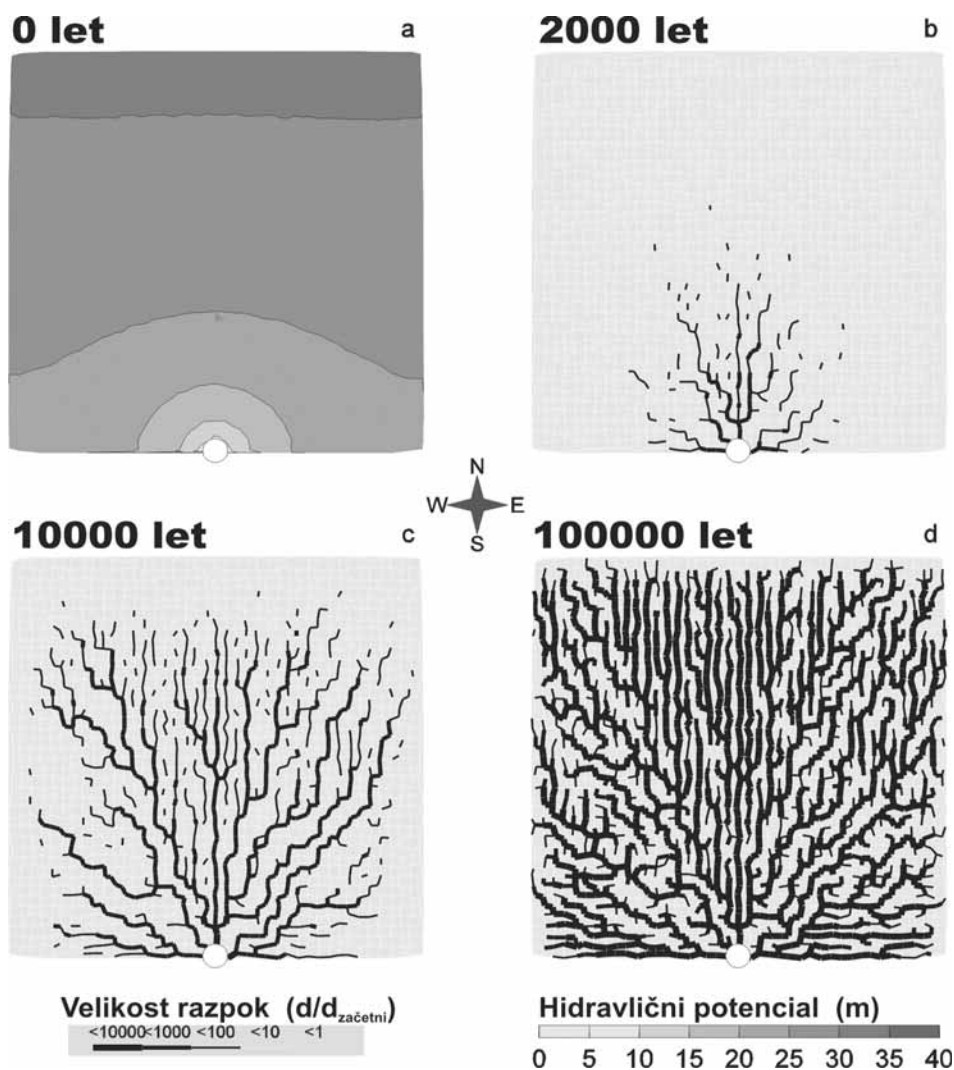
Večina jam je že dolgo poznanih, Arneševa luknja omenja že Valvasor, a so kljub temu pomanjkljivo raziskane. Jame so v večini horizontalne, vendar raziskave v njih zahtevajo dolgotrajno plazenje po nizkih in ozkih vodnih rovih... Lahko trdimo, da Udin boršt, kljub majhni površini in lahki dostopnosti, v sebi skriva še veliko neznanega.

RAZVOJ IN ZNAČILNOSTI JAM V UDIN BORŠTU

Speleološki okvir na območju Udin boršta določa stik med konglomeratno teraso in oligocensko morsko glino, pretežno avtogeni dotok vode in litološke značilnosti konglomerata. Slika 19 predstavlja shematski prerez območja z elementi, pomembnimi za razvoj jam. Ob ploskvi stika med



Slika 19: Shematski prerez terase z jamo ob stiku med konglomeratom in neprepustno podlago.
Schematic cross section of a terrace with a cave at the contact between conglomerate and impermeable base.



Slika 20: Modelna študija kraškega razvoja razpoklinsko-medzrnsko poroznega sistema, pri kateri je dotok enakomerno razporejen po modelskem območju. Slike a-d prikazujejo stanje sistema v ob različnih časih glede na začetek zakrasevanja (Kaufmann, 2005).

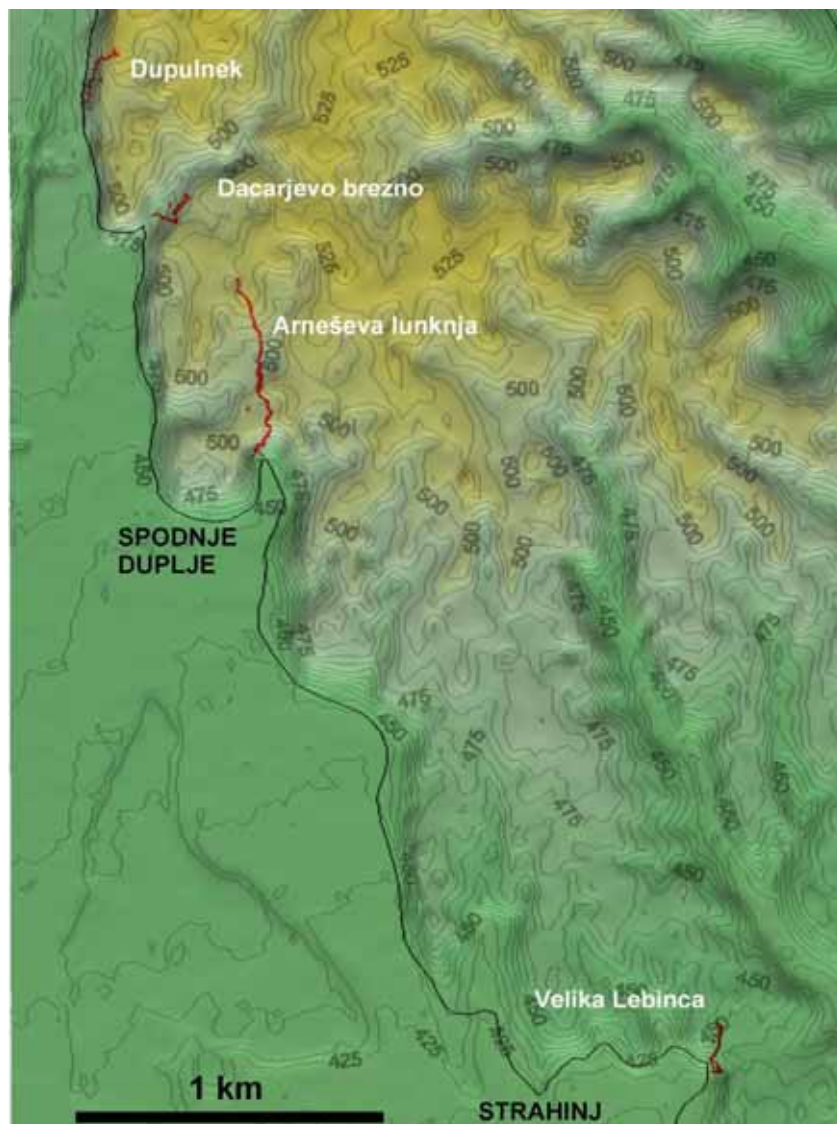
A model study of karst development of fissure-intergranular porous system where the inflow is proportionately distributed on the model area. Figs. a-d show the system condition at different times related to the beginning of karstification (Kaufmann, 2005).

konglomeratno teraso (1) in neprepustno sivico (2) je razvoj jam najbolj verjeten. Deževnica, ki pade na površje terase, se infiltrira neposredno v tla (3), ali pa se zbere v tokove različnih velikosti (4), ki na številnih mestih poniknejo. Tokovi in curki potujejo gravitacijsko navzdol po razpokah (5), manjših breznih (6) in skozi porozno konglomeratno matriko. Ko dosežejo stik med konglomeratom in sivico, ob njem v smeri, ki jo določa gradient stika in lokalna prepustnost, potujejo proti robu terase. Vzdušje poti voda raztaplja karbonatno vezivo in prodnike ter s tem ustvarja kraške jame (7).

Po Palmerju (1991) lahko v opisanih okoliščinah pričakujemo razvoj drevesasto razvejanih jam. Večje jame v Udin borštu so take, imajo številne manjše pritoke, ki se stekajo v glavni kanal,

katerega presek se manjša z oddaljenostjo od izvira. Žal je v večini jam že glavni kanal majhen, tako da je napredovanje po pritokih največkrat nemogoče in zgoraj navedeno le težka vidimo iz načrtov.

Razvejano strukturo jam napove tudi numerični model (Kaufmann, 2005). Na sliki 20 je prikazan razvoj razpoklinskega sistema pri enakomernem dotoku vode s površja. Območje je veliko 1 km x 1 km, količina vode, ki je razporejena po modelskem območju, je 300 mm/leto. Velikost začetnih razpok je 0.2 mm. Slike a-d prikazujejo velikost razpok v različnih časih, kot je navedeno ob slikah. Rezultat je razvejana rast sistema kraških kanalov od izvira proti notranjosti. Seveda gre za model, ki je glede na realnost močno poenostavljen, a vseeno nazorno prikaže, kako poteka razvoj jam v okoliščinah podobnih tistim v Udin borštu.



Slika 21: Digitalni model reliefa z vrisanimi tlorisi štirih najdaljših jam v Udin borštu.

Digital relief model with ground plans of the longest caves in Udin Boršt.

Kar nekaj dejstev pa sorazmerno enostavno razlago speleogeneze v Udin borštu zaplete. Tako v Arneševi luknji kot v Veliki Lebinci, rovi z aktivnim vodnim tokom potekajo v celoti v konglomeratu, nekaj metrov nad stikom s sivico. V Veliki Lebinci se rov tik pred izviro zarezje v sivico, pri Arneševi luknji pa sivico najdemo šele v strugi potoka pod vhomom. Globlje v obeh jamah naletimo na višje ležeče fosilne rove, ki kažejo, da se je voda nekaj pretakala precej višje kot danes. To nakazuje kompleksnejši vertikalni razvoj. Če je terase stara vsaj pol milijona let, je danes nekaj deset metrov tanjša kot ob nastanku. Tudi položaj stika med sivico in konglomeratom ob robu terase se je v času verjetno spreminjal. Ta določa točko iztoka iz terase in posledično tudi nivo razvoja jam.

Ko govorimo o jamah, se vedno vprašamo, zakaj so tam, kjer so. Vsekakor je položaj jam v Udin borštu močno pogojen z geometrijo stika med konglomeratom in neprepustno podlago. Zaradi vpada te ploskve proti zahodu, so vse glavne jame in izviri na zahodni strani terase. Gantar (1955) položaj Arneševe luknje pojasnjuje z reliefom pod konglomeratno teraso, kar je vsekakor mogoče. Seveda pa sta položaj in struktura jam pogojena tudi z lokalno primarno in sekundarno prepustnostjo konglomerata ter položajem točk koncentriranega dotoka vode na površju.

Jamske stene so izrazito nepravilne, s številnimi stenskimi zajedami. Površina sten je neravna zaradi številnih prodnikov, ki štrlijo iz jamskega oboda (slike 25, 26 in 27). To kaže na hitrejšo raztapljanje karbonatnega veziva glede na prodnike. Drobni korozijski oblik na prodnikih skorajda ni.

KRATEK OPIS GLAVNIH JAM V UDIN BORŠTU

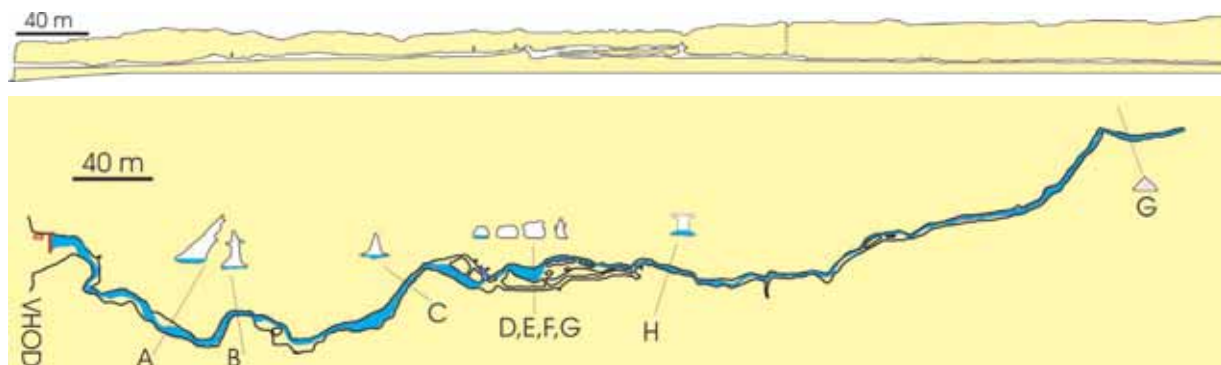
Arneševa luknja

Vhod v jamo leži v 14 m visoki steni v zahodnem pobočju Udin boršta pri Spodnjih Dupljah. Vhodna dvorana je kakih 16 m široka in do 2.5 m visoka polkrožna odprtina. V njej je zajetje za vodo, ki danes služi za dopolnilno vodooskrbo nekaterih okoliških domačij. Slabih 20 m za vhomom se rov zniža in zoža. Od tu sledimo potoku navzgor preko številnih zasiganih tolmunov. Rov je spremenljivih dimenzij, na nekaterih mestih je visok več metrov, velikokrat pa je višina stropa manjša od pol metra. Širina rova niha med komaj prehodnim in nekaj metri. Rov prekine več manjših dvoran. Približno na polovici jame se v steni ene od teh (Mala dvorana) odpre fosilni rov, iz katerega se na več mestih lahko spustimo nazaj do vodnega rova. Jama je skupaj dolga preko 800 m in je najdaljša jama v Udin borštu. V jami je več kot deset manjših pritokov, ki so nanizani vzdolž celotne dolžine glavnega rova.



Slika 23: Vhod v Arneševo luknjo (Foto: F. Gabrovšek, Arhiv IZRK).

The entrance into Arneševa Luknja.



Slika 22: Tloris in profil Arneševe luknje (prirejeno po Gantarju (1955).

Ground plan and cross-section of Arneševa Luknja (modified from Gantar (1955).



Slika 24: Sivica v strugi potoka pod Arneševo luknjo (Foto: F. Gabrovšek, Arhiv IZRK).

Grey marl in the streambed below Arneševa Luknja.



Slika 26: Tipičen detajl iz Velike Lebinca. (Foto: F. Gabrovšek, Arhiv IZRK)

A typical detail from Velika Lebinca.



Slika 25: Rov s stenskimi zajedami v Arneševi luknji. Najbolj drobni skalni relief odraža strukturo kamnine in ne procesov raztapljanja. Na dnu vidimo sigovo pregrado, ki jih lahko opazamo v večjem delu vodnega rova. (Foto: F. Gabrovšek, Arhiv IZRK).

The passage with wall rock notches in Arneševa Luknja. The tiniest rock relief indicates the rock structure and not the processes of dissolution. On the bottom there is a flowstone dam; several are seen in most parts of the water channel.

Velika Lebinca

Tudi Velika Lebinca se začne z veliko dvorano, katere premer je preko 30 m. V dvorani je zajetje za vodo. Voda priteče na dan nekaj metrov pod vhodom v jamo. Iz dvorane pelje več pritočnih rofov, od katerih je trenutno izmerjen le eden v dolžini 250 m. Gre za vodni rov, ki v celoti poteka v konglomeratu. Voda v rovu meandrira v širini nekaj metrov. V večini je rov precej nizek, nižji od enega metra. Meritve ostalih rofov potekajo v času priprave te knjige, bo pa dolžina jame precej



Slika 27: V Veliki Lebinca. Na več mestih voda, ki pronica skozi konglomeratno matriko, izloča sigo. (Foto: F. Gabrovšek, Arhiv IZRK)

In Velika Lebinca. Water percolating through the conglomerate matrix deposits flowstone at several places (Photo by F. Gabrovšek, IZRK Archives).

verjetno presešla pol kilometra. Eden od aktivnih rofov po slabih stotih metrih doseže stare fosilne rove, ki so precej visoki in kažejo več generacij razvoja jame.

Dacarjevo brezno

Vhod v jamo leži na zahodnem pobočju Udin boršta, nedaleč od Zgornjih Dupelj. Je edina od večjih jam, ki ni izvorna, pač pa do aktivnega vodnega rova pridemo preko spleta suhih rofov, ki se začne z vhodnim breznom. Vodni rov je

podoben kot v ostalih jamah, širok je med pol in dva metra, visok do dveh metrov. Po 150 m se zniža na vsega 20 cm. Po zapisu prvopristopnikov, je na koncu slutiti nadaljevanje. Vhodno brezno naj bi se po pripovedovanju odprlo septembra leta 1953 po večjem deževju. Dostop do notranjih delov jame je trenutno (2005) zarušen.

Dupulnek

Dupulnek (tudi Napulnek) (gl. sliko 49) je še ena izvorna jama v vznožju zahodnega dela terase v vasi Zadruga. Gre za precej monoton kanal, dolg 300 m, v večini zalit z vodo in mestoma precej zasigan. Jama je poznana že zelo dolgo, raziskali in izmerili pa so jo šele leta 1991.

Ostale jame

Ostale jame v Udin borštu so precej krajše od zgoraj opisanih. Razen dveh so vse nanizane vzdolž zahodnega roba terase. Med njimi so tudi jame, kjer bi jamarji z nekaj malega kopanja prišli verjetno še kaj dlje kot le nekaj deset metrov. So pa tudi jame, ki si komaj, ali pa sploh ne, zaslužijo vpis v kataster jam.

Udin boršt je speleološko zanimivo območje, ki se od ostalih kraških območij v Sloveniji precej razlikuje. Območje je lep primer, kjer so geološki, hidrološki in časovni okviri razvoja jam relativno dobro poznani. Žal še čaka podrobno speleološko in ne nazadnje tudi jamarsko obdelavo.

Slovarček:

Kraška jama: za človeka prehodna votlina v kraški kamnini. V Sloveniji registriramo jame, ki so dolge vsaj 10 m, le izjemoma manjše.

Speleogeneza: nastanek oz. razvoj jam. Speleogeneza obravnava celoten življenski cikel jam, od nastanka prvih protokanalov, do brezstropih jam, ko se površje zniža do nivoja jame in ta ostane brez stropa.

Kraška korozija: kemični proces raztapljanja kamnine. Za kras tipičen proces je raztapljanje apnenca v vodi, pri čemer se topnost močno poveča, če je v vodi oz. v okoliški atmosferi prisoten CO_2 .

Izločanje sige: Proces, pri katerem se iz prenasičene raztopine voda-oglikov dioksid-apnenec, izloča kalcijev karbonat. Največkrat je izločanje posledica prehajanja CO_2 iz raztopine v jamsko atmosfero. Izločanje je lahko tudi posledica izhlapevanja vode ali dodajanja tujih primesi, ki raztopino naredijo prenasičeno glede na CaCO_3 .

Gradient (hidravlični): naklon in smer najhitrejšega padca hidravličnega potenciala v določeni točki

Aktivni rov: del kraške jame z aktivnim vodnim tokom.

Fosilni rov: del kraške jame brez aktivnega vodnega toka.

Razpoklinski sistem: Mreža razpok v kamnini, v katerem se v krasu razvijajo kraški kanali.

Porozna matrika: Masiv kamnine med razpokami, v katerem se voda pretaka in skaldišči med zrni.